

# Desenvolvimento de Padrões para Redes Subterrâneas Híbridas

M. R. Gouvêa E. C. Belvedere J.J. Oliveira P.E. Mascigrande A.P. Brunheroto R.F. Costa

**Resumo**—Os sistemas “network” de distribuição subterrânea aplicados em várias áreas da Eletropaulo é constituído por redes secundárias em malha, supridas por alimentadores radiais e protegidas por disjuntores de BT, com rele direcional, acoplado a cada transformador, cuja função básica é interromper a alimentação de defeitos da rede primária por fluxo inverso de potência vindos da rede secundária.

Embora ofereça alto grau de confiabilidade, essa configuração de rede apresenta um alto custo por contar com grande capacidade de reserva em transformadores e rede MT/BT, além dos citados dispositivos de proteção - “network protector”- cujo custo também é muito elevado.

Buscando soluções para melhorar a eficiência e o custo de suas instalações ,a Eletropaulo e o Enerq/EPUSP desenvolveram o estudo , relatado neste artigo, onde são propostas e analisadas alternativas de configurações que derivam da configuração “network”, prescindam do network protector e podem ser aplicados gradualmente, valendo-se da radialização da rede secundária, de proteções convencionais e de utilização de chaves primárias subterrâneas que transferem, automaticamente, a alimentação do transformador quando de falta no primário .

É apresentada a aplicação dos resultados obtidos em uma rede piloto localizada no centro velho da cidade de S. Paulo. Os estudos e pesquisas forma desenvolvidas no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Eletropaulo - Ciclo2001/2002 -intitulado “Desenvolvimento de padrões para redes subterrâneas híbridas”.

## I - OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo apresentar a metodologia e os procedimentos para determinar uma nova configuração de sistema subterrâneo de distribuição, que pudesse, gradativamente, dispensar a utilização do *network protector*, no atual sistema *reticulado* existente.

Particular atenção foi dedicada ao *sistema híbrido*, no qual a configuração de rede de distribuição secundária malhada convive com redes secundárias radiais em um mesmo sistema de distribuição primário.

## II - SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEO NETWORK DA ELETROPAULO

O objeto deste trabalho é o sistema subterrâneo *network* de distribuição de energia da Eletropaulo cujas principais características são as seguintes:

- quantidade de consumidores atendidos: 120 mil
- transformação MT/BT:
  - capacidade instalada : 1300 MVA
  - quantidade : 2300 unidades
  - potência de 500 kVA ou de 750 kVA
- submersíveis em câmaras com ventilação forçada;
- rede de alimentadores
  - quantidade de alimentadores: 60
  - tensão primária: 21 kV (c/exceções)
  - comprimento de alimentadores: 2950 km
  - cabo predominante: 3x1x70 mm<sup>2</sup>, XLPE, em dutos
- redes secundária
  - comprimento de redes secundárias: 4800 km
  - tensão secundária: 208/120 V

## III- METODOLOGIA ADOTADA

A metodologia adotada consiste nas seguintes etapas:

1ª Etapa: *Crterios de avaliação e proposta de topologias derivadas de rede reticulada* - Inicialmente, foram estabelecidos os conceitos e os critérios básicos para análise do mérito das diferentes configurações de redes de distribuição subterrânea quanto a aspectos de operação, de proteção, de confiabilidade, de custos de expansão e de manutenção, incluindo a reposição de equipamentos. A seguir foram propostas configurações de rede alternativas, que pudessem evoluir do sistema reticulado para outros, que atendessem às condições de qualidade de fornecimento e de custo.

2ª Etapa: *Análise do Comportamento das Alternativas* -A partir dos conceitos, dos critérios e dos padrões estabelecidos na etapa anterior, o desempenho das propostas de configurações, em condição normal e de contingência, considerando, inclusive aspectos de manobra, de proteção e de confiabilidade. Paralelamente às atividades de análise do desempenho, foram equipamentos de manobra e de proteção no mercado nacional e estrangeiro.

3ª Etapa: *Análise Técnica-Econômica* - A análise econômica das configurações vis-à-vis seus desempenhos técnicos, propiciaram a avaliação do mérito de cada padrão de configuração e respectivos componentes integrantes,

Marcos Roberto Gouvêa é professor da Escola Politécnica da U.S.P [gouvêa@pea.usp.br](mailto:gouvêa@pea.usp.br) .

Ermírio César Belvedere é especialista em sistema subterrâneo, trabalha na Diretoria de Engenharia da Eletropaulo. [erminio.belvedere@AES.com](mailto:erminio.belvedere@AES.com)

possibilitando a seleção e definição do padrão mais adequado. Importante salientar que as possibilidades de nacionalização de componentes e equipamentos foram consideradas como aspecto relevante.

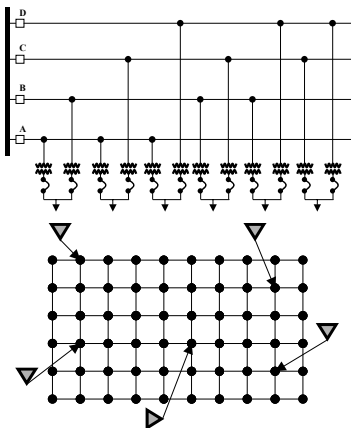
5ª Etapa: Especificação básica da rede experimental, critérios de projeto, análise do comportamento e diretrizes para implementação

Fundamentando-se nas análises técnicas e econômicas do desempenho da configuração proposta, nesta etapa foi definida uma rede experimental e analisado seu comportamento através de estudos e simulações detalhadas em diversas condições operativas. Ainda nesta etapa, foram estabelecidos os critérios de projeto e a especificação básica da rede experimental, no que diz respeito à configuração, às instalações em geral, aos equipamentos de manobra e proteção em particular, bem como as diretrizes de implementação, através da elaboração de um “Manual de Projeto e Implementação”.

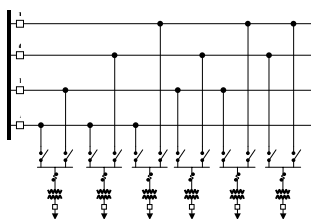
#### IV – CONFIGURAÇÕES PROPOSTAS

As configurações de redes subterrâneas consideradas são:

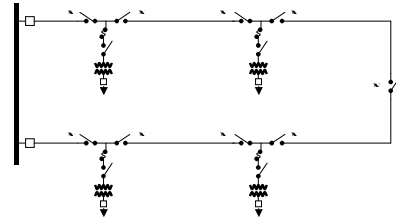
a) *Reticulado* - Esse arranjo é constituído por um sistema de alimentadores radiais que atendem redes secundárias em malha, através de transformadores equipados com network protectors que atuam, interrompendo o circuito quando circulam correntes em sentido inverso (alimentação pelo secundário).



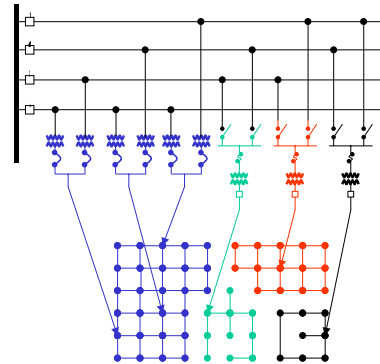
b) *Primário Seletivo* - É semelhante ao reticulada quanto à função pois atende blocos de cargas concentradas. As chaves de transferência operam automática ou manualmente quando há defeito no primário, transferindo o suprimento dos transformadores. A rede secundária associada opera em configuração radial.



c) *Radial com Recurso ou Anel Aberto* - Os alimentadores operam radialmente, havendo transferência da alimentação dos transformadores quando houver defeito. O dimensionamento da rede primária deve prever a operação com qualquer trecho fora de serviço. A rede secundária opera em configuração radial.



d) *Sistema Híbrido* - É um sistema onde operam simultaneamente redes em reticulada e primário seletivo.



#### V – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação do comportamento das topologias estudadas foi realizada através da verificação do atendimento dos seguintes critérios de avaliação econômica e de desempenho técnico, envolvendo aspectos de planejamento, de operação/proteção e de confiabilidade:

##### V.1 - Critérios de Avaliação de Econômica

O custo de cada alternativa é calculado computando-se o custo anual do serviço, composto pela soma dos custos anuais de instalação, de perdas, de operação e da energia não distribuída. Esta última parcela representa a receita cessante resultante da interrupção e o custo dos prejuízos a interrupção causa à sociedade de modo geral.

##### V.2 - Critérios de Avaliação de Desempenho Técnico

Foram estabelecidos os seguintes critérios de avaliação de desempenho técnico:

##### V.2.1 Critérios de planejamento

Os critérios de planejamento estabelecem as diretrizes de análise para avaliação do desempenho da rede sob os aspectos de tensão e carregamento dos cabos e dos transformadores,

quando operando em regime permanente em condição normal de operação e de contingência.

Condição normal é entendida como sendo a situação operativa na qual todos os componentes da rede estejam em condição de operar e condição de contingência simples, onde um e apenas um transformador ou trecho de rede esteja impossibilitado de operar. A trecho de rede, denomina-se o conjunto de cabos pertencentes a um dado circuito elétrico situado entre dois equipamentos de manobra ou de desconexão capazes de isolar o defeito, não havendo descontinuidade permanente no suprimento das cargas pela rede, exceto daquelas conectadas no próprio trecho fora de operação.

Uma solução de configuração de rede atendendo uma determinada carga é considerada *aceita*, sob o aspecto de planejamento, se atender os seguintes *critérios de planejamento*:

#### a) Níveis de tensão

Fundamentando-se nos preceitos regulatórios e nas boas normas da engenharia são estabelecidas as seguintes restrições de tensão:

- níveis de tensão máximos e mínimos que devem ser obedecidos em condição normal de operação, tanto para rede primária quanto para rede secundária;
- níveis de tensão máximos e mínimos que devem ser obedecidos em condição de contingência simples da rede primária e/ou secundária;
- valor máximo de flutuação de tensão em regime permanente na passagem de condição normal para condição de contingência simples;
- valor máximo de desequilíbrio de tensão entre barras da rede primária não deve superar um valor limite que possibilite a operação de um *network protector*, em qualquer situação de carga, em que não haja defeito na rede primária.

#### b) Níveis de carregamento

- Cabos - as correntes máximas admissíveis nos cabos são estabelecidas atendendo os limites recomendados, em função de normas nacionais e internacionais, para os tipos de instalações utilizados;
- Transformadores - o carregamento máximo admissível adotado é determinado em função da curva de carga diária, de forma a não haver perda de vida do equipamento em condição normal e de emergência. Estudos específicos devem ser realizados para otimizar esse critério, uma vez que contingências que sobrecarreguem transformadores são muito pouco frequentes.

### V.2.2 Critérios de Operação e Proteção

Os critérios de operação e de proteção adotados prevêm uma quantidade máxima tolerável de manobras de chaves da rede primária e de intervenções em caixas de passagem/fusíveis para a reconfiguração da rede secundária, quando da ocorrência de defeitos que provoquem a indisponibilidade de trechos de rede. A manobra de chaves primárias pode ser automática ou não.

Para faltas nos alimentadores da rede primária de uma configuração proposta admite-se que haja interrupção temporária do fornecimento, limitada a um período máximo previamente estabelecido, para manobra manual ou automática de chaves, reconfigurando o sistema para operar em condição de primeira contingência. Também foi fixado um período máximo admissível para restabelecer a configuração normal, incluindo o tempo de preparação de equipes, de localização, de reparo e de restabelecimento. Os parâmetros envolvidos para definir esses limites foram:

- velocidade média de deslocamento
- tempo médio de manobra de chave primária subterrânea
- tempo médio de verificação de indicador de defeito
- tempo médio de execução de teste para localização de defeito
- tempo médio para reparo de cabo primário

Para faltas na rede secundária, seja radial ou em malha, admite-se que haja interrupção de temporária do fornecimento das cargas do trecho não afetado pelo defeito, durante um período máximo estabelecido, durante o qual deverão ser realizadas: a preparação de equipes, a localização do defeito, o isolamento do trecho defeituoso e o restabelecimento do fornecimento para todos os consumidores, através de abertura/fechamento de links de caixas de passagem e de atendimento provisório de cargas por cabos de by-pass ou por geradores de emergência móveis transportados por carretas até o local de defeito. Os transformadores abaixadores estão incluídos nas redes secundárias. Além dos parâmetros acima considerados, para o cálculo do tempo de restabelecimento da rede primária, são considerados os seguintes, específicos para rede secundária:

- tempo médio de abertura/fechamento de link de caixa de passagem
- tempo médio para reparo de cabo secundário

Quanto à proteção, as configurações propostas devem apresentar dispositivos que:

- garantam que defeitos em um dos alimentadores da rede primária não provoquem o desligamento de outro;
- permitem que defeitos em transformador abaixador possam provocar a saída de operação temporária de todos os transformadores que atendem a mesma rede secundária, até que haja o restabelecimento do serviço sem a presença do transformador em defeito;
- garantam que defeitos na rede secundária não provoquem o desligamento de alimentador primário;
- garantam que defeitos na rede secundária não provoquem o desligamento de transformador que a alimenta;
- garantam que defeitos em um trecho da rede secundária não impeçam o atendimento provisório dos consumidores de outros trechos, imediatamente após a identificação e isolamento do trecho com o defeito;
- não promovam o religamento automático após um desligamento;
- garantam a integridade de todos os componentes da rede, em situações de ocorrência de curto-circuito ou sobrecarga, exceto em situações específicas onde é explicitamente

prevista a queima livre de trecho do condutor como recurso para eliminar defeito.

### V.2.3 Critérios de Confiabilidade

A avaliação, quanto aos níveis de confiabilidade de cada solução de configuração proposta, é realizada através do seu desempenho quanto à continuidade de serviço que oferece.

Considerando as taxas de defeito esperadas para cada componente, os tempos esperados para reparo, são calculados índices de continuidade que aferem o mérito da cada alternativa de topologia da rede e os consumidores afetados em cada interrupção.

Os índices de continuidade que aferem o mérito da cada alternativa aplicados são: DEC e FEC e o tempo esperado para o restabelecimento do atendimento das cargas afetadas pela transição e vigência da condição de contingência é um índice de mérito da configuração em análise.

Os valores máximos admitidos para esses indicadores de uma rede em estudo são fundamentados nos correspondentes valores limites para os conjuntos de controle previstos pela ANEEL, que contem essa rede.

## VI – RESULTADOS OBTIDOS

As topologias de rede propostas foram aplicadas a uma área piloto típica da Eletropaulo e analisadas à luz dos critérios estabelecidos na etapa anterior obtendo-se, resumidamente, os seguintes resultados :

### VI.1 Quanto ao Desempenho Técnico

#### a) Critérios de planejamento

Os estudos realizados sobre o comportamento das configurações propostas operando em condição normal e de contingência simples indicaram que os níveis de tensão obtidos com todas as topologias são adequados. Entretanto, o melhor desempenho observado é da configuração reticulada, justificado por apresentar rede secundária em malha e redundância de instalações de cabos e de transformadores.

Também não foram observados níveis de carregamento inadmissíveis, uma vez que os alimentadores, os cabos da rede secundária e os transformadores foram dimensionados adequadamente.

Em situações de contingência de alimentadores no sistema híbrido onde há um natural desbalanço entre as cargas dos alimentadores provocado pela transferência de carga do alimentador fora de operação para os que permanecem em serviço. Nestas condições, em situações de carga extremamente leve há de se cuidar para que não haja operação indevida de *network protectors* que podem ser percorridos por fluxos inversos.

#### b) Operação e proteção

As configurações propostas apresentam desempenhos satisfatórios quanto a operação e proteção do sistema primário, havendo uma preferência para o sistema reticulado, porquanto a redundância das instalações e a sofisticação dos *network protectors* possibilitam o perfeito automatismo na operação e na proteção.

As demais configurações propostas requerem automatismo nas chaves de transferência ou exigem a interferência humana na manobra de alimentadores, quando houver defeito na rede primária.

Quanto à ocorrência de defeitos na rede secundária há uma visível vantagem ao sistema reticulado, no aspecto de restabelecimento do serviço. Nesse sistema não há interrupção do serviço nessas condições, enquanto que nos outros, é necessário que haja deslocamento de equipes de campo para identificação do trecho em defeito e ações de reparo, com todas as conseqüências de tempo de interrupção decorrente da radialidade da rede.

Foram detectadas algumas questões de proteção das redes radiais que merecem estudos detalhados, tais como: a coordenação da proteção contra sobrecargas transformadores e a vulnerabilidade de zonas do sistema, diante da ocorrência de defeitos de alta impedância. As soluções imediatas envolvem a utilização de fusíveis importados de alto custo e limitadores de corrente que nem sempre apresentam o desempenho desejado.

#### c) Confiabilidade

A confiabilidade associada a cada uma das configurações é determinada pela frequência e duração de interrupção do serviço esperadas, decorrente das ações de manutenção corretiva para restabelecimento do fornecimento, quando há defeito em algum componente da rede ou pela interrupção devida a desligamentos por necessidade manutenção preventiva ou obras de expansão/reforma.

As interrupções de serviço decorrentes de manutenções preventivas ou de obras de expansão/reforma podem ser desprezadas nesta análise, uma vez que, raramente é necessário interromper o serviço para ações desse tipo, não só pela baixa frequência que ocorrem, como pelas possibilidades de recursos que apresentam, para evitar a interrupção. Além disso, a similaridade da natureza e da quantidade dos componentes presentes nas diversas configurações de rede propostas e a mesma possibilidade de expansão, que por hipótese podem requerer, também concorrem para a desconsideração desse aspecto na análise comparativa da confiabilidade que oferecem.

Resta então, analisar o efeito da manutenção corretiva na confiabilidade de cada uma das configurações que é, função dos componentes e redundâncias dos recursos característicos que apresentam.

A análise realizada foi procedida, considerando os defeitos na rede primária, na rede secundária e nos transformadores.

Também foram tecidas algumas considerações sobre defeitos em equipamentos de manobra.

Considerando uma região a ser atendida, alternativamente por cada uma das configurações de rede propostas, é possível afirmar que os defeitos da rede primária de cada uma das configurações provocam níveis de interrupção similares, uma vez que:

- a taxa de defeito em cabos de média tensão é muito baixa;
- o comprimento da rede primária das configurações analisadas é similar e o impacto de defeitos é praticamente o mesmo, porque em todos os casos haverá transferência automática da carga para um alimentador são, quando houver defeito no alimentador preferencial. Obviamente, a configuração em reticulado apresenta vantagem da transferência automática de carga, se nas outras uma transferência for manual.

Defeitos em transformadores subterrâneos e submersíveis, também são muito raros, mas essas ocorrências oferecem uma pequena vantagem ao sistema reticulado pois a perda de um transformador desta topologia não implica em interrupção, ao passo que em qualquer das outras configurações haverá interrupção do serviço. A interrupção afeta apenas os consumidores atendidos pelo transformador com defeito e se prolonga pelo período de tempo necessário para a conexão de um gerador móvel, permanentemente disponíveis para esse propósito na Eletropaulo.

Os defeitos nas redes secundárias podem ser vistos de forma análoga aos de transformadores: vantagem para o sistema reticulado, pela continuidade praticamente absoluta do serviço graças a redundância de instalações e presença dos *network protectors*. Entretanto, essa vantagem não é muito significativa em termos absolutos, pois mesmo que o tempo de localização do defeito nas demais configurações seja relativamente longo (a média pode ser da ordem de 4 horas), a taxa de defeito dos cabos subterrâneos secundários é pequena, a zona afetada é relativamente restrita e a possibilidade de instalação de atendimento de emergência aos consumidores afetados a partir de caixas de passagem garantem o adequado desempenho das configurações radiais.

## VI.2 Quanto ao Desempenho Econômico

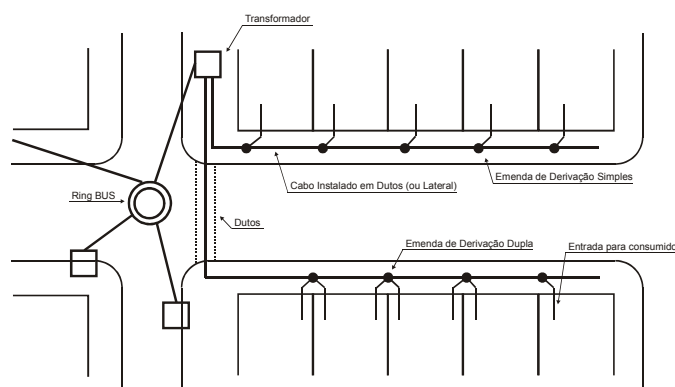
A Avaliação Econômica de Alternativas de Configuração de Redes considerou a implantação das diversas configurações de rede propostas, nas quais foram calculados os custos diferenciais de cada alternativa.

Uma importante hipótese de trabalho considerada foi a orientação do estudo para a realidade das redes e cargas da Eletropaulo, onde tradicionalmente vem sendo operado o sistema reticulado, com todas as estruturas associadas. Assim, a busca de uma solução adequada para a expansão ou revitalização de redes que apresentam condicionantes históricos, sem perder de vistas as possíveis alternativas de inovação de padrões. Há portanto, que se considerar tanto condições de contorno diferentes de um estudo teórico, cuja

aplicação é genérica e descompromissada com estruturas existentes, como também as possibilidades de inovações.

Considerando a hipótese de trabalho citada acima, vários elementos integrantes das redes subterrâneas e correspondentes quantitativos são comuns todos os tipos de configurações propostas, não obstante haja diferenças de padrões possíveis, que em princípio, podem ser negligenciadas numa análise econômica comparativa.

Foram estudadas as redes: *reticulado*, primário seletivo e rede híbrida, uma vez que a rede radial com recurso pode ser vista como um caso particular do primário seletivo, desde que não haja limitação de carregamento na rede primária, como é o caso da Eletropaulo. Os elementos comuns e com quantitativos semelhantes nas redes *reticulado*, primário seletivo e rede híbrida, são ilustrados na figura a seguir:



A diferença estrutural entre essas 3 configurações está na capacidade transformadora com a correspondente estrutura civil que a suporta e, nos equipamentos de manobra e proteção associados aos transformadores, a saber: *network protector* e chave de transferência automática. Portanto o diferencial econômico entre essas configurações é definido fundamentalmente por essas instalações.

Com efeito, a redundância de transformadores existente no esquema de sistema reticulado requer, via de regra, uma capacidade transformadora superior à da rede em primário seletivo e portanto também à rede híbrida.

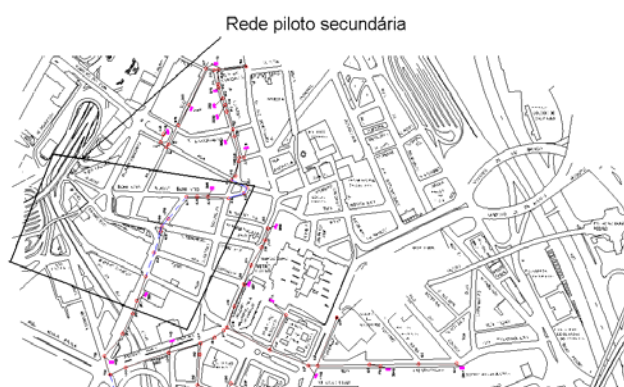
Considerando configurações típicas e também custos médios de transformadores submersíveis, de *network protectors*, de câmaras subterrâneas e de chaves de transferência; a relação de custo dessas instalações entre a configuração *reticulado* e primário seletivo se situa em torno de 2, variando de 1,4 em situações conservativas a 2,9 em condições mais otimistas. O valor da diferença entre os custos de instalação das duas modalidades de configuração de rede, aliado às baixas taxas de defeito das redes subterrâneas, indicam que o maior nível de confiabilidade que a configuração *reticulado* oferece em relação ao primário seletivo é compensado.

## VII – REDE PILOTO

O local escolhido para a implementação da rede piloto experimental é uma área situada na região do centro velho de São Paulo (Praça da Sé e adjacências) atendida por um sistema reticulado - *network* -, com 4 alimentadores atualmente supridos pela SE Riachuelo por tensão fora de padrão (3,8 kV), que será convertido para 21 kV e alimentado pela SE Miguel Reale com as seguintes características:

- área de abrangência aproximada: 0,36 km<sup>2</sup>;
- 4200 consumidores em baixa tensão;
- 100 unidades transformadoras de 500 kVA e 750 kVA
- capacidade instalada: 56 MVA

A figura a seguir apresenta a região de implantação da rede piloto.



## VIII - CONCLUSÕES

A análise técnica-econômica das alternativas de configurações de redes subterrâneas permite concluir pela viabilidade da transformação gradativa do sistema reticulado - *network* - para a configuração sistema primário seletivo, constituindo o Sistema Híbrido durante a convivência de ambos os tipos de configurações.

Essa migração é realizada através da radialização de redes secundárias atendidas por transformadores supridos pela rede primária, através de chaves de transferência automática. A operação simultânea dos dois tipos de configurações de redes secundárias - em malha com *network* protectors e radiais com proteção convencional - atendidas pelo mesmo sistema de alimentadores primários se mostrou adequada.

Constatou-se a oportunidade de aperfeiçoamentos nesse sistema, que motiva desenvolvimentos futuros, tais como:

- busca de utilização de fusíveis mais econômicos para proteção de zonas sujeitas a defeitos de baixa impedância
- nacionalização de chaves de transferência;
- otimização do carregamento dos transformadores e da quantidade de unidades atendidas por uma só chave de transferência;
- desenvolvimento de sistemas econômicos de automação e supervisão, integrados com a utilização de indicadores de defeito.

Todas as configurações analisadas atendem os requisitos técnicos pré-estabelecidos, não obstante a configuração com secundário em malha - *network* - apresente maior nível de confiabilidade e custo.

## IX. REFERENCES

- [1] Rural Electric Research - National Rural Electric Cooperative Association.
- [2] Underground System Guide - Reference Book - Edison Electric Institute - 1957
- [3] National Electrical Safety Code  
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc - 1993
- [4] Improving URD Reliability Using Predictive Techniques - Marti T. Bishop, Chis A. McCarthy, Dennis A. Walder - Cooper Power Systems 1998
- [5] Overcurrent Protection Alternatives for Underground Distribution Systems - Marti T. Bishop, A. G. Jones, W.F. Israel - IEEE 1994 - Transmission and Distribution Conference
- [6] Innovations in use of Microprocessor Relays and Controls for Improved Reliability on the Distribution System - J.C. Appleyard, D. A. Myers, J. K. Niemira - IEEE 2001 - Transmission and Distribution Conference
- [7] IEEE standard requirements for over-head, pad-mounted, dry-vault; and submersible automatic line sectionalizer for AC systems; Switchgear Committee of the IEEE Power Engineering Society, USA - 1997
- [8] Design of electrical interface: utility to critical load facility; - Kusko Alex; Ayoub Jean - INTELEC International Tele Energy Conference - 2000
- [9] High voltage automatic transfer switch, Going beyond normal distribution solution- Simmons-RA Salem-FJ - Ninth International Conference on Harmonics and Quality Power An application of high speed automatic transfer switch - Grebchenko NV Nuri-A; Elektrichestvo July 1997
- [10] Overcurrent protection alternatives for underground distribution systems Bishop MT; Jones AG; Israel WF -Cooper Power Systems, Franksville,WI USA

## X. BIOGRAFIAS



**Erminio Cesar Belvedere.** Formado em Tecnologia Eletrônica pela Universidade Mackenzie (1986) e em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade São Judas Tadeu (1993), pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Paulista em 1999. Trabalha na Eletropaulo desde 1984 e atualmente está na Diretoria de Engenharia na área de Normas e Padrões para redes de distribuição. Desenvolveu vários trabalhos na área de distribuição de energia, participou da elaboração e revisão dos Livros de Instruções de Média Tensão e Baixa Tensão da Eletropaulo. Coordenou o Projeto de P&D Rede Subterrânea Híbrida em parceria com a USP de 2002 a 2004.



**Marcos Roberto Gouvêa (M'79 D'94)** electrical engineer, graduated from the Polytechnic School of the University of São Paulo in 1972; was awarded a Master's Degree (1979) and a Doctorate in Engineering (1994) in the area of Power System by that same Institution. He joined THEMAG ENGENHARIA in 1972, working as engineer and consultant until 1995. As Chief Commissary of CSPE (Comissão de Serviços Públicos), Dr. Gouvêa was responsible for the technical area of the entity from 1998 to 2000. Since 1989, he has been a Professor at the Department of Engineering and Automation of the Polytechnic School of the University of São Paulo. Dr. Gouvea is the author of more than 50 articles, which were presented in congress and published in specialized journals.